ANÁLISE HIDROGRÁFICA E HIDROLÓGICA DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO – REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA – CEARÁ – BRASIL

João Sérgio Queiroz de LIMA[1]
Jáder Onofre de MORAIS[2]

RESUMO

O trabalho apresenta um estudo referente às análises hidrográfica e hidrológica realizadas na bacia do rio Maranguapinho que drena parte dos municípios de Fortaleza, Maracanaú, Maranguape e Caucaia, localizados na Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará – Brasil.

Esses estudos subsidiarão um trabalho sobre a degradação ambiental na bacia do rio Maranguapinho fornecendo as informações necessárias sobre a dinâmica natural da bacia a partir dos parâmetros mensurados.

INTRODUÇÃO

A bacia do rio Maranguapinho drena parte dos Municípios de Fortaleza, Maranguape, Maracanaú e Caucaia, todos localizados na Região Metropolitana de Fortaleza, inseridos na porção nordeste do Estado do Ceará, Região Nordeste do Brasil. Os estudos a respeito do rio Maranguapinho vêm adquirindo grande importância nos últimos anos, que se efetivaram no início dos anos 2000 devido aos elevados indícios de degradação ambiental identificados no ambiente fluvial e, principalmente, pela repercussão em termos impactos sociais decorrentes. O presente trabalho destinou-se a caracterizar os aspectos hidrográficos e hidrológicos de toda bacia de contribuição do rio Maranguapinho servindo de estudo básico para estudo subseqüente sobre a degradação ambiental da bacia.

A bacia do rio Maranguapinho engloba naturalmente seis sistemas geoambientais (Figura 01) cujas características são importantes para distribuição das informações hidrográficas e hidrológicas. Os seis sistemas são os seguintes: Vertente oriental da Serra de Maranguape,

Vertente ocidental da Serra da Aratanha, Sertões periférico e intermontano, Glacis pré-litorâneos dissecados em tabuleiros, planície fluvial e planície flúvio-marinha.

De acordo com as características sociais da bacia pode-se afirmar que existia em 2000 uma população de 1.146.441 distribuída em 277.021 domicílios, com 98% de população urbana (IBGE, 2001). Quanto aos aspectos econômicos, a maior parte das atividades concentra-se no comércio e na indústria, e a atividade agrícola aparece sem grandes destaques.

[1] Universidade Estadual do Ceará, Avenida Paranjana 1700, Aluno do Mestrado Acadêmico em Geografia, Bolsista FUNCAP (Fundação Cearense de Amparo à Pesquisa e Tecnologia), joaosergioqueirozdelima@yahoo.com.br
[2] Universidade Estadual do Ceará, Professor e Reitor da Universidade Estadual do Ceará, Pesquisador do CNPq, jader@UECE.br

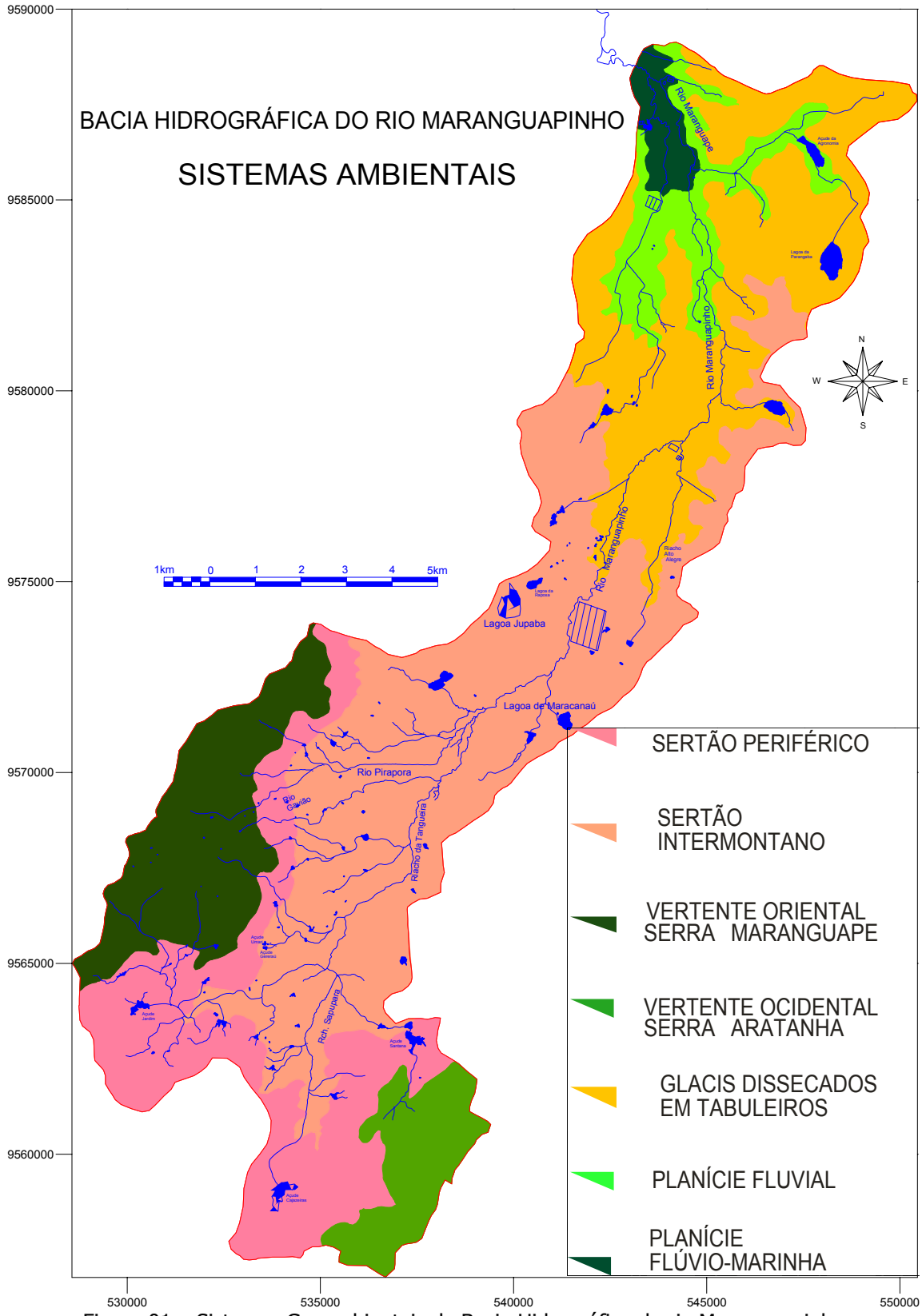

Figura 01 – Sistemas Geoambientais da Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho

MÉTODOS E TÉCNICAS

A realização da análise hidrográfica englobou a interpretação da imagem de satélite SPOT 5, datada de 2004. A partir da interpretação de imagem de satélite em formato impresso e em formato digital foi realizada a vetorização referente à atualização de toda a rede

hidrográfica visualizada na resolução de 5 metros disponível pela imagem SPOT 5. Confeccionado o mapa básico da rede hidrográfica foram realizadas as medições dos parâmetros numéricos e morfométricos pertinentes á análise hidrográfica, a sistematização dos parâmetros mensurados propiciou a obtenção dos resultados.

Para a análise hidrológica utilizou-se a fórmula empírica de Iszkowski, apresentado em Pinto (et al, 1976). Essa fórmula leva em consideração os índices de precipitação média anual (mm); a área da bacia (km²); um coeficiente que depende da morfologia da bacia; e um coeficiente que depende da área da bacia. Através dessa fórmula obteve-se a precipitação média anual da bacia. Complementarmente realizaram-se medições hidrodinâmicas em trechos selecionados do curso principal da bacia para obtenção dos dados de vazão em m³/s.

Para realização dos ensaios sobre a hidrodinâmica foram feitos medições do perfil transversal do leito para calcular a área da seção molhada. Para tal procedimento utilizou-se um nível topográfico, uma mira milimetrada e um tripé de apoio. As medidas foram anotadas a cada 5m e a cada feição de interesse relevante no leito fluvial. Depois de anotadas as medidas do perfil transversal do leito com a indicação do nível da água, os dados foram trabalhados em programa de vetorização, para cálculo da área da seção molhada. A velocidade da corrente foi medida com o uso do aparelho correntômetro. As medições feitas submergindo o aparelho na água e contando o tempo necessário apresentou os dados digitalmente, sendo anotados em caderneta de campo. No gabinete foram correlacionados os dados referentes às áreas obtidas da seção molhada e de velocidade da corrente, a partir disso obtiveram-se os dados sobre a vazão nos trechos onde forma realizados os ensaios hidrodinâmicos. Os trabalhos realizados em campo contaram com a colaboração pessoal e de equipamentos do Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica da Universidade Estadual do Ceará.

RESULTADOS

As análises da hidrografia da bacia do rio Maranguapinho (BRM) concluíram a princípio que os tipos de canais predominantes no alto e médio curso (terrenos do embasamento cristalino e Formação Barreiras) são do tipo **retilíneo** enquanto que o canal que faz parte do baixo curso (terrenos formados por sedimentos flúvio-marinhos) é do tipo **meandrante**.

De acordo com o tipo de escoamento global, a BRM é **endorréica**, por conta de desaguar em um nível que não corresponde ao nível marinho, no caso, no rio Ceará. Por conta disso, se assumiria como uma sub-bacia do rio Ceará. Entretanto, as condições hidrológicas do rio Maranguapinho pouco influem nas condições naturais e fluviométricas da bacia do rio Ceará. Nesse segundo caso, a bacia do rio Maranguapinho pode ser considerada como compartilhando da mesma foz que o rio Ceará, a partir disso, o tipo de escoamento global da bacia seria considerado como sendo **exorréico**. Sendo aceito, para os objetivos do trabalho, a primeira caracterização.

O padrão de drenagem se apresenta em função das características geológicas do terreno. O padrão é do tipo **dendrítico** na parte da área onde a bacia drena os terrenos do embasamento cristalino e **paralelo** na parte onde a bacia drena os terrenos sedimentares da Formação Barreiras e terrenos flúvio-marinhos.

As demais informações hidrográficas pertinentes dão conta da existência de **75** lagoas, sendo que quatro delas apresentam relevância em termos de dimensão e aproveitamento como recurso hídrico, são elas: Lagoas da Jupaba e Maracanaú, localizadas no Município de Maracanaú e Lagoas do Mondubim e Parangaba, localizadas no Município de Fortaleza.

Os açudes identificados a partir da interpretação da imagem de satélite somaram o número de **52**. Dentre esses, se destacam os açudes Jardim, Cajazeiras, Santana, Umari e Gereraú,

localizados no Município de Maranguape e o açude da Agronomia[3], no Município de Fortaleza. Além desses barramentos, existem diversas outras pequenas barragens distribuídas nas propriedades do meio rural do Município de Maranguape cujo mapeamento não foi possível por conta da escala utilizada.

O sistema de ordenação e classificação dos cursos fluviais utilizado foi o proposto por Strahler (1952, apud CHRISTOFOLETTI, 1980). A Bacia do Rio Maranguapinho (BRM) possui canais de até quarta ordem. No processo de ordenação realizado foram somados 80 canais de primeira ordem, 25 de segunda ordem, 4 de terceira ordem e somente 1 de quarta ordem, esse único, referente ao curso principal da bacia (Figura 02).

Os resultados obtidos a partir das relações de bifurcação entre os canais das diversas ordens da BRM foram os seguintes:

Entre os canais de primeira e segunda ordem = **3,2**

Entre os canais de segunda e terceira ordem = **6,25**

Entre os canais de terceira e quarta ordem = **4,0**

Quanto mais próximos de 2 os valores, melhor a distribuição proporcional entre os canais de ordens imediatamente subseqüentes, denotando uma melhor distribuição hidrográfica da bacia, ou seja, melhor disposição espacial dos cursos fluviais na área da bacia e conseqüente melhor distribuição da água precipitada e sedimentos carreados nos momentos das chuvas e imediato escoamento superficial.

Os resultados das relações entre os comprimentos médios dos canais fluviais obtidos foram os seguintes:

Entre os canais de segunda e primeira ordem = **0,898**

Entre canais de terceira e segunda ordem = **3,75**

Entre os canais de quarta e terceira ordem = **7,91**

Quanto maior os valores maiores são as desproporções de importância entre canais de ordens subseqüentes, isso quer dizer que, nesse caso, ocorre uma melhor distribuição hidrográfica e possivelmente hidrológica entre os canais de primeira e segunda ordem, enquanto entre os canais de terceira e quarta ordem ocorre uma "sobrecarga" no canal de ordem superior, responsável potencialmente por maior incidência de enchentes e concentração de poluentes nos casos em que ocorrem situações para isso.

Os resultados da relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação obtidos foram os seguintes:

Entre os canais de primeira e segunda ordem = **0,28**

Entre os canais de segunda e terceira ordem = **0,6**

Entre os canais de terceira e quarta ordem = **1,98**

As conclusões a respeito dos valores obtidos a partir dessa relação são idênticas às do item anterior, servindo essa como validação da relação anterior.

[3] Localizado no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC).

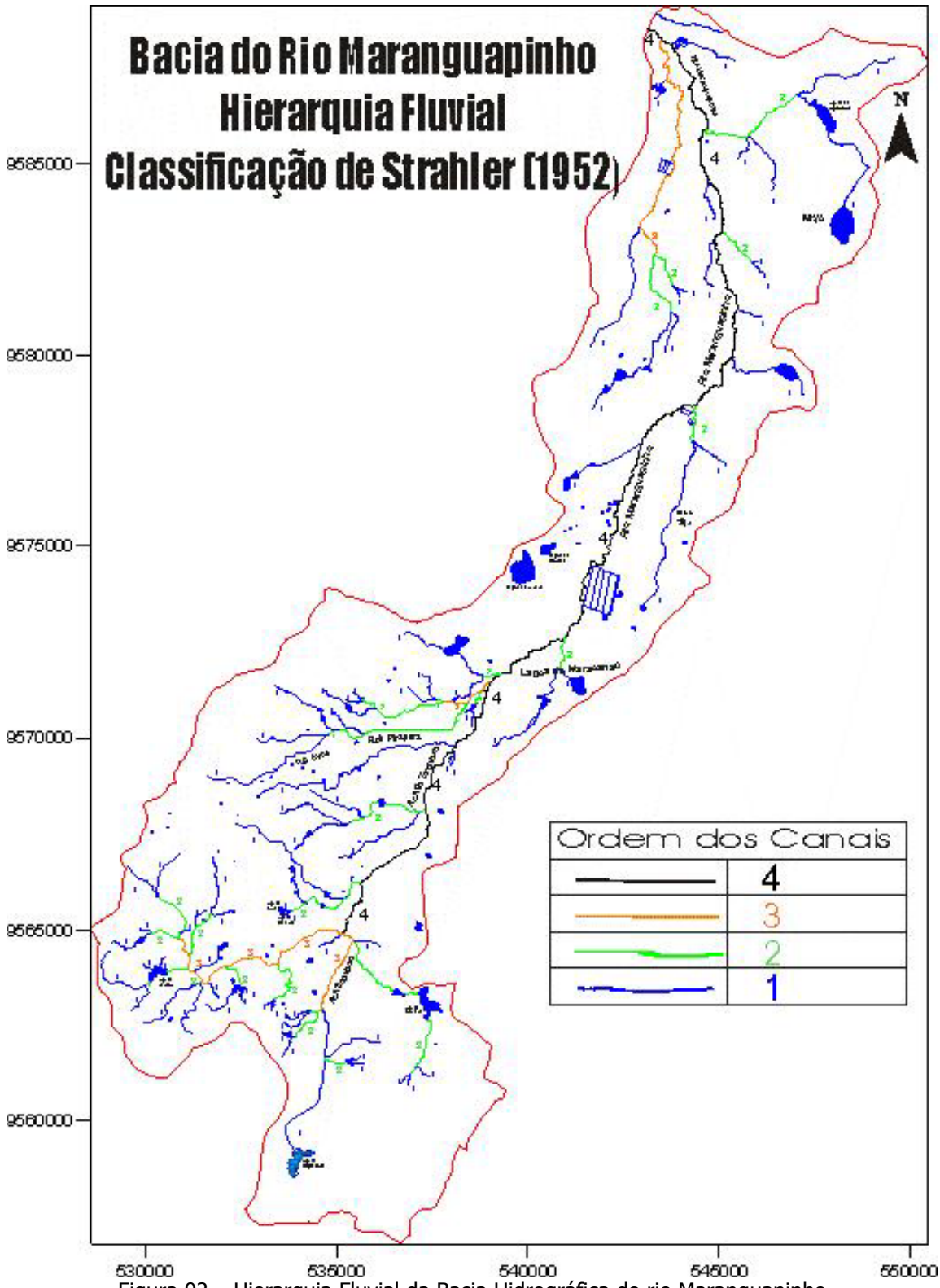

Figura 02 – Hierarquia Fluvial da Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho

A medição do canal principal da bacia somou 23,41 km. O canal principal em termos hidrográficos corresponde ao curso formado pelo riacho da Tangueira com o rio Maranguapinho. Levando em consideração somente o rio Maranguapinho, que corresponde ao rio principal da bacia sem adoção de critérios hidrográficos, o comprimento é de 17,05 km.

O rio Maranguapinho adquiri a denominação a partir da confluência do riacho da Tangueira com o riacho Pirapora, que capta a maior parte dos afluentes provenientes da vertente

oriental da serra de Maranguape. Já o riacho Tangueira capta praticamente todos os curso d'água provenientes dos setores mais elevados dos sertões periférico e intermontano.

A extensão do percurso superficial representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, o resultado obtido foi o seguinte: **0,85** km, ou seja, a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente na BRM é igual 0,85 km ou 850 metros. Os valores obtidos para BRM mostram que a extensão desse percurso é curta, podendo servir para explicar os rápidos picos de enchentes aliados com a explicação referente ao alto índice de impermeabilização da bacia, assim como para demonstrar que os poluentes lançados chegam também de forma rápida aos cursos fluviais de primeira ordem e assim sucessivamente até o curso principal.

A área calculada para BRM corresponde a **214,8** km² com perímetro de **108,3** km. Comparada a outras bacias hidrográficas do Estado do Ceará em termos de expressão areal como, por exemplo, as bacias do Jaguaribe (75.669 km²), Curu (9.000 km²), Acaraú (14.000 km²) e Coreaú (10.500 km²) a nível estadual e as bacias do Choró (4.750 km²), Pirangi (4.374 km²), São Gonçalo (1.332 km²) e Pacoti (1.257 km²) a nível regional, a BRM é muito pequena, sem significativa importância hidrográfica e hidrológica para o conjunto hídrico regional e estadual.

A forma da BRM foi concluída como **retangular**. A forma da bacia caracterizada como retangular contribui e acentua a condição de unidirecionalidade dos cursos d'água, servindo também para explicar os rápidos picos de enchentes ocorridos e também para a chegada rápida de poluentes no curso principal.

A BRM apresentou densidade de rios igual a **0,37**. O cálculo da densidade de rios é importante porque representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos d'água.

A BRM apresentou densidade de drenagem igual a **0,59**, considerando o comprimento total dos canais igual a **125,78** km. O cálculo da densidade de drenagem é importante na análise da bacia hidrográfica porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais da bacia. Conclui-se que a BRM possui baixa densidade de drenagem.

Quanto à densidade de segmentos da bacia, esse se refere, juntamente, com a densidade de drenagem a um aspecto da textura topográfica. A densidade de segmentos da BRM é igual a **0,51**. Esse índice corrobora em seu resultado com os índices apresentados nos itens de densidade anteriores e servem para validar as informações.

Em relação ao coeficiente de manutenção, o resultado obtido diz que a área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento na BRM é de **1,695** km². Em correlação com a taxa de impermeabilização do terreno serve para explicar também os rápidos picos de enchentes, pois a impermeabilização do terreno faz aumentar a velocidade do escoamento. Além do mais, esse coeficiente corrobora os resultados obtidos anteriormente com as densidades de rios e de drenagem, assim como da densidade de segmentos da bacia.

Compondo a análise hidrológica adotaram-se as informações sobre a vazão fluvial como o parâmetro mais importante a ser mensurado, sendo necessários os dados acessórios de área da seção molhada e velocidade da corrente.

As informações sobre a vazão fluvial demonstram o principal aspecto da dinâmica natural dos rios. Representa a dinâmica das águas numa relação de espaço e tempo responsável pelo transporte de sedimentos em meio fluido e outras substancias, inclusive, os mais variados tipos de poluentes.

De acordo com os cálculos sintetizados no quadro 01, a vazão média da BRM é de **258,28** m³/s/ano com um total anual de **8.145.118.080** m³/ano[4].

Quadro 01 – Vazão Média Anual Aproximada da BRM e dos Ambientes

Ambientes	K	m	h (mm)	A (km²)	Q (m³/s)
serras	0,460	9,0	1391,4	33,5	192,97
sertões	0,040	7,40	1391,4	116,8	48,10
tabuleiro	0,025	8,23	1391,4	47,4	13,57
planícies	0,017	9,0	1391,4	17,1	3,64
BRM	-	-	1391,4	214,8	258,28

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os meses que apresentam as maiores vazões médias aproximadas são março e abril com **59,4** e **56,82** m³/s respectivamente. Os meses com as menores vazões médias aproximadas são agosto, setembro, outubro e novembro com **2,58** m³/s cada.

Contudo, cabe mais uma vez ressaltar que os dados derivados a partir da fórmula empírica trabalhada servem somente como um indicativo da vazão real da bacia, sendo utilizados por conta dos objetivos do trabalho com intuito de caracterização geral das condições hidrológicas. No caso de estudos mais detalhados, são necessários dados mais consistentes em torno da vazão da bacia.

Para obtenção da vazão a partir da medição direta é necessário o cálculo dos valores referentes à área da seção molhada do perfil transversal do trecho selecionado e os dados de velocidade da corrente medidos de preferência no mesmo local de realização dos perfis transversais. De posse desses dados é realizado o cálculo da vazão multiplicando-se a área da seção molhada (m²) pela velocidade da corrente (m/s), resultando em um valor em m³/s.

Os trechos escolhidos são apresentados no quadro 02 e figuras 03, 04, 05, a seguir:

Quadro 02 - Trechos dos Cursos Fluviais para Medição Direta da Vazão

Curso Fluvial	Localização	Coordenadas do trecho	
		x	y
Riacho Sapupara	Distrito de Sapupara/ Maranguape	534671	9561072
Riacho Pirapora	Maranguape-Sede	532753	9579040
Rio Maranguapinho 01	Maracanaú a montante da lagoa de estabilização do Distrito Industrial	541565	9574256
Rio Maranguapinho 02	Maracanaú imediatamente a jusante da lagoa de estabilização do Distrito Industrial	541678	9574562
Rio Maranguapinho 03	500m a montante da ponte da rodovia BR 222	544378	9586442

Fonte: elaborado pelo autor

Segundo os resultados obtidos para vazão fluvial nos trechos selecionados, o trecho a montante do canal da lagoa de estabilização do Distrito Industrial de Maracanaú apresentou um volume de **1**m³ fluindo a cada segundo. O trecho a jusante do canal apresentou um acréscimo de **0,5** m³/s na vazão em função dos lançamentos de efluentes do canal. O trecho próximo a ponte da BR-222 apresentou vazão muito superior aos trechos a montante medidos, com um total de **13** m³/s.

Os resultados calculados a partir dos dados trabalhados estão contidos no quadro 03 a seguir:

Quadro 03 - BRM – Valores da Vazão Fluvial (estiagem)

[4] Valor obtido multiplicando o valor da vazão média da BRM (258,28) por 31.536.000, que é o número de segundos durante um ano.

CURSO FLUVIAL	VAZÃO FLUVIAL (m³/s)	ÁREA DA SEÇÃO MOLHADA (m²)	VELOCIDADE DA CORRENTE (m/s)
Riacho Sapupara	-	-	-
Riacho Pirapora	-	-	-
Rio Maranguapinho 01	1.0	204.3	0,005
Rio Maranguapinho 02	1.5	151.3	0,01
Rio Maranguapinho 03	13.0	170.5	0,076

Fonte: Elaborado pelo autor

As informações obtidas através das análises hidrográfica e hidrológica servirão como subsídios para a avaliação dos processos de degradação ambiental que ocorrem na bacia do rio Maranguapinho.

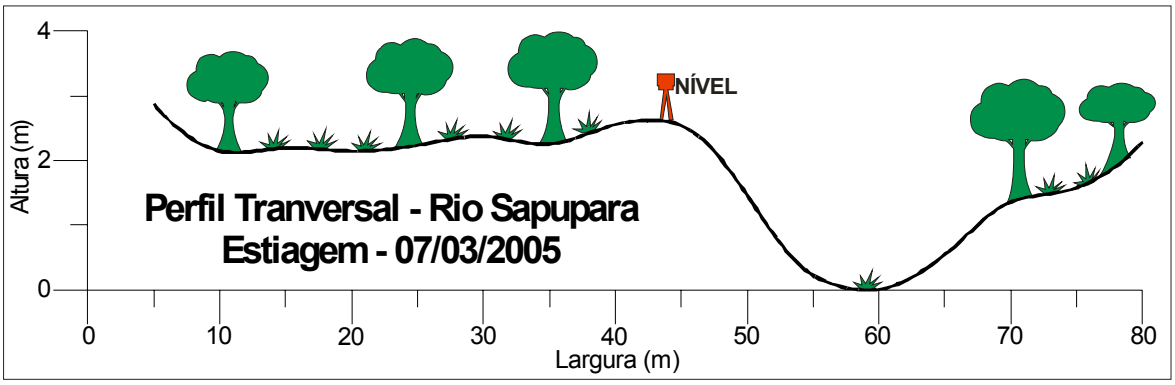

Figura 03 – Perfil Transversal – Riacho Sapupara. Fonte: elaborado pelo autor

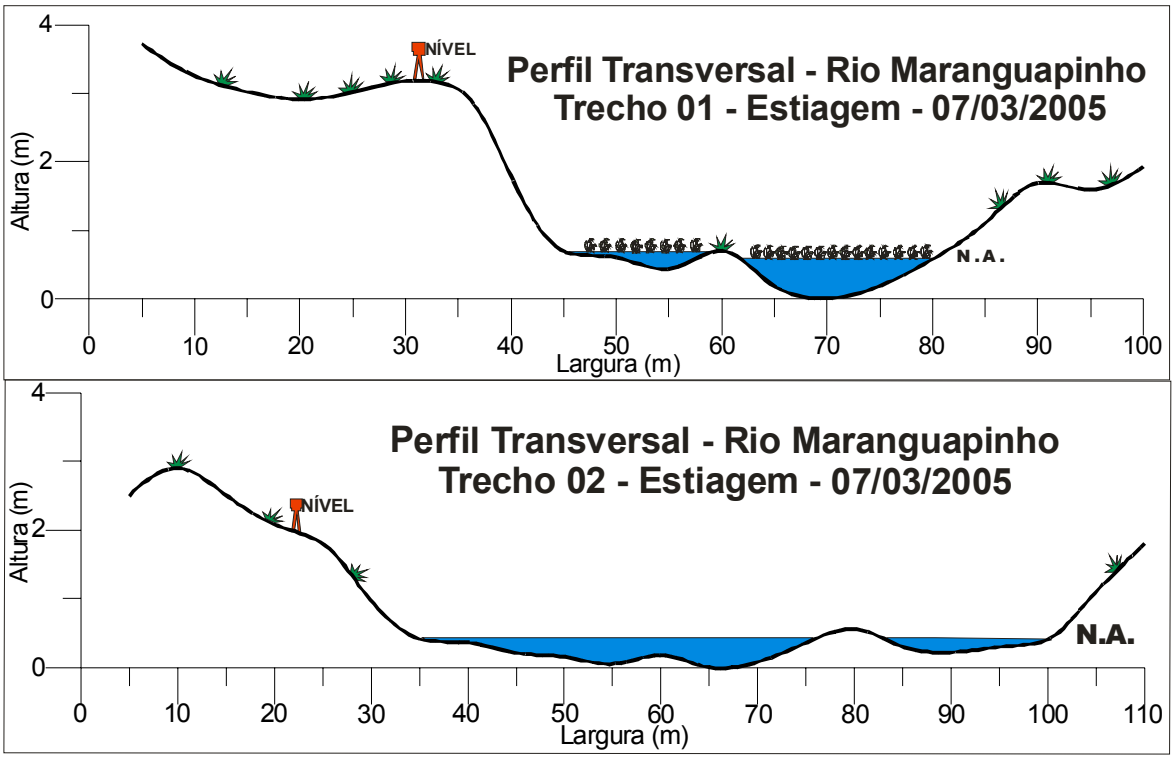

Figura 04– Perfil Transversal – Rio Maranguapinho – Trechos 01 e 02. Fonte: Elaborado pelo autor

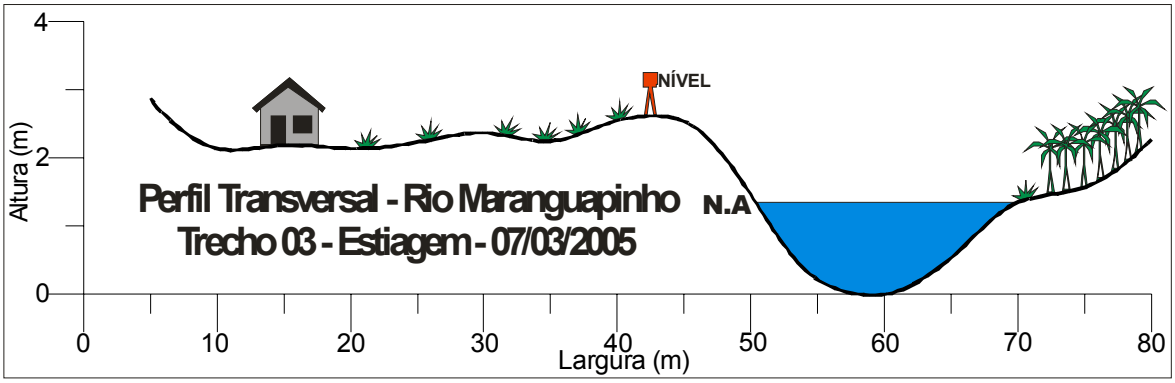

Figura 05 – Perfil Transversal – Rio Maranguapinho – Trecho 03. Fonte: Elaborado pelo autor

REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2ª ed., 1980.

IBGE. Censo Demográfico 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

PINTO, Nelson L. de Souza. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blücher; Rio de Janeiro: Fundação Nacional de Material Escolar, 1976.